

Il nucleare nel mondo al 31/5/2017

A. Clerici

Ex Presidente Generale AEIT

Presidente Onorario di WEC Italia e FAST

Varenna 24/7/2017

Indice

- 1) Il nucleare al 10/3/2011 pre Fukushima
- 2) Il nucleare immediatamente dopo Fukushima
- 3) Il nucleare al 31/5/2017 a livello globale
- 4) Il nucleare al 31/5/2017 nelle principali nazioni
- 5) Considerazioni finali

1) Il nucleare al 10/3/2011 pre Fukushima

La situazione mondiale al 10 marzo 2011

- ❑ 442 reattori in funzione in 31 paesi per ~375 GW.
 - ❑ 65 reattori in costruzione in 16 paesi per ~63 GW; con esclusione dei reattori ABWR giapponesi, tutti gli altri sono reattori PWR.
 - ❑ Implementazione dell'estensione della vita sopra i 50 – 60 anni per vecchi reattori in funzione in molti paesi (kWh economico, no emissioni di CO₂).
 - ❑ L'effetto di Chernobyl non era più al top dell'opinione pubblica, che si concentrava sul cimitero finale delle scorie, sul costo del nucleare e sull'effetto NIMBY.
 - ❑ Un “rinascimento nucleare” era in atto e causato da:
 1. Volatilità e crescita dei prezzi dei combustibili fossili.
 2. Preoccupazioni ambientali per le emissioni di CO₂ e la sua penalizzazione.
 3. Sicurezza degli approvvigionamenti.
- con 158 reattori pianificati e 323 proposti in 47 paesi (fonte WNA).

Nucleare pre Fukushima 10/3/2011

- 375 GW (8,2% dei globali 4.500 GW)
- 2.600 TWh (13,4% dei globali 19.500 TWh nel 2010)
- 31 nazioni con reattori in servizio, 16 nazioni con reattori in costruzione

Reattori in servizio o in costruzione per continente al 10/03/2011				
	In esercizio (1)		In costruzione (2)	
	N.	MW	N.	MW
Europa	195	170.016	19	16.941
Nord America	124	114.616	1	1.165
Asia	117	85.750	43	42.819
Sud America	4	2.819	2	1.937
Africa	2	1.800	0	0
TOTALE	442	375.001	65	62.862
Elaborazione A. Clerici su fonte IAEA				

(1) Per la maggior parte dei reattori in esercizio estensione della vita di circa 20 anni.

(2) Principali paesi con reattori in costruzione: Cina n° 27 reattori – Russia 11 – n° 5 per India e Sud Corea – n° 2 reattori per Giappone, Slovakia, Bulgaria, Taiwan, Ukraina e n° 1 reattore per Argentina, Brasile, Finlandia, Francia, Iran, Pakistan e USA.

Riserve di uranio con consumi e tipologie di reattori attuali > 150 anni;
con avvento reattori di 4° generazione (2040) consumi ridotti di 80 volte.

Table - 01 World Nuclear Power Reactors - March 10, 2011 - the day before Fukushima

COUNTRY	Nuclear Electricity Generation 2010		Nuclear reactors in operation (1)		Nuclear reactors under construction		Reactors planned		Reactors proposed	
	TWh	% total	No.	Total MW(e)	No.	Total MW(e)	No.	Total MW(e)	No.	Total MW(e)
USA	807.08	19.59	104	100,747	1	1,165	9	11662	23	34000
France	410.09	74.12	58	63,130	1	1,600	1	1720	1	1100
Japan	280.25	29.21	54	46,821	2	2,650	12	16538	1	1300
Russia	159.41	17.09	32	22,693	11	9,153	14	16000	30	28000
South Korea	141.89	32.18	21	18,698	5	5,560	6	8400	0	0
Germany	133.01	27.26	17	20,490	0	0	0	0	0	0
Canada (1)	85.50	15.17	18	12,569	0	0	3	3300	3	3800
Ukraine	83.95	48.11	15	13,107	2	1,900	2	1900	20	27000
China	70.96	1.82	13	10,058	27	27,230	50	57830	110	108000
United Kingdom	62.90	15.66	19	10,137	0	0	4	6680	9	12000
Spain	59.26	20.09	8	7,514	0	0	0	0	0	0
Sweden	55.73	38.13	10	9,298	0	0	0	0	0	0
Belgium	45.73	51.16	7	5,926	0	0	0	0	0	0
Taiwan	39.89	19.30	6	4,982	2	2,600	0	0	0	0
Czech Republic	26.44	33.27	6	3,678	0	0	2	2400	1	1200
Switzerland	25.34	38.01	5	3,263	0	0	0	0	3	4000
Finland	21.89	28.43	4	2,716	1	1,600	0	0	2	3000
India	20.48	2.85	20	4,391	5	3,564	18	15700	40	49000
Bulgaria	14.24	33.13	2	1,906	2	1,906	2	1900	0	0
Hungary	14.66	42.10	4	1,889	0	0	0	0	2	2200
South Africa	12.90	5.18	2	1,800	0	0	0	0	6	9600
Brazil	13.90	3.06	2	1,884	1	1,245	0	0	4	4000
Slovakia	13.54	51.80	4	1,816	2	782	0	0	1	1200
Romania	10.70	19.48	2	1,300	0	0	2	1310	1	655
Lithuania	10.00	76.2	0	0	0	0	0	0	1	1700
Argentina	6.69	5.91	2	935	1	692	2	733	1	740
Mexico	5.59	3.59	2	1,300	0	0	0	0	2	2000
Slovenia	5.38	37.30	1	666	0	0	0	0	1	1000
Netherlands	3.75	3.38	1	487	0	0	0	0	1	1000
Pakistan	2.56	2.60	2	425	1	300	2	600	2	2000
Armenia	2.29	39.42	1	375	0	0	1	1060	0	0
Iran	0	0	0	0	1	915	2	2000	1	300
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	2	2000	0	0
Belarus	0	0	0	0	0	0	2	2000	2	2000
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4400
Egypt	0	0	0	0	0	0	1	1000	1	1000
Indonesia	0	0	0	0	0	0	2	2000	4	4000
Israele	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200
Italy	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17000
Jordan	0	0	0	0	0	0	1	1000	0	0
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	2	600	2	600
North Korea	0	0	0	0	0	0	0	0	1	950
Malaysia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200
Poland	0	0	0	0	0	0	6	6000	0	0
Thailand	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5000
Turkey	0	0	0	0	0	0	4	4800	4	5600
UAE	0	0	0	0	0	0	4	5600	10	14400
Vietnam	0	0	0	0	0	0	2	2000	12	13000
WORLD	2,646	13,60	442	375,001	65	62,862	158	176,773	323	369,145

(1) + 4 reactors under rehabilitation totalling 2530 MW
 (*) ~ 25 tU/TWh = 29,5 t U3O8/TWh

Sources:

WNA: for reactors planned and proposed.

IAEA: for reactors underconstruction and in operation and electricity production & percentage of electricity.

This table includes only those future reactors envisaged in specific plans and proposals and expected to be operating by 2030.

Operating = Connected to the grid; Building/Construction = first concrete for reactor poured, or major refurbishment under way;

Planned = Approvals, funding or major commitment in place, mostly expected in operation within 8-10 years;

Proposed = Specific program or site proposals, expected operation mostly within 20 years.

NB: I primi 2 paesi, US e Francia avevano prodotto il 45% della totale energia nucleare.

I primi 10 paesi avevano prodotto oltre l'85% della totale energia nucleare

2) Il nucleare immediatamente dopo Fukushima

Changes in Government Policy (as of August 14, 2011)

Existing Nuclear Installations

Use of nuclear power in principle is not being contested ¹	Argentina, Brazil, Belgium, Bulgaria, China, Czech Republic, Finland, France, Hungary, India, Japan, the Netherlands, Romania, Russia, Slovakia, South Africa, South Korea, Spain, Sweden, Switzerland ² , Ukraine, United Kingdom, United States.
Use of existing nuclear power is being rejected ³	Germany

Construction of New Nuclear Installations

Construction projects in principle are not being contested ⁴	Brazil, China, Czech Republic, Finland, France, Hungary, India, the Netherlands, Poland, Russia, Slovakia, South Africa, South Korea, Sweden, Turkey, Ukraine, the United Arab Emirates, the United Kingdom, the United States, Vietnam, Saudi Arabia, Jordan.
Basic assessment of extension-pathways respectively the introduction of nuclear power	Japan
Construction projects are precluded	Germany, Switzerland, Italy, Venezuela.

¹ Assessment of safety installations (incorporating lessons learned)

² expected closure of the five nuclear power plant units between 2019 and 2034 (after the end of approximately 50 years of operating time)

³ immediate shutdown of 8 nuclear installations following the Fukushima event and phased-out closure of remaining power plants as fast as possible, independently from safety aspects

⁴ possible partial modification of safety standards or licensing procedures

- ❑ **Per Giappone, Germania, Italia e Svizzera, l'incidente di Fukushima ha suscitato le più forti reazioni** pubbliche con i conseguenti cambiamenti di politica.
- ❑ **Significativo impatto immediato è stato in Germania** dove il Governo aveva deciso nel 2010 il prolungamento della vita delle centrali nucleari imponendo ai gestori delle stesse un totale contributo allo sviluppo delle rinnovabili pari a circa 2,5 miliardi di euro all'anno. Nei giorni immediatamente seguenti all'incidente di Fukushima il cancelliere Merkel ha ordinato di "spegnere" le 7 più vecchie centrali nucleari (un'altra centrale era già fuori servizio per motivi tecnici).
- ❑ Il governo tedesco ha poi ratificato di **chiudere** queste **8 centrali definitivamente** e stabilito un **programma di uscita entro il 2022 di tutte le 9 rimanenti**.
- ❑ Occorre notare che **la Germania nel 2010 aveva prodotto il 27,6% dell'elettricità da nucleare**.

Programma di chiusura delle centrali tedesche

REACTOR	CAPACITY (MWe)	OPERATOR	CLOSURE DATE
Biblis A	1167	RWE	March 2011
Neckarwestheim 1	785	EnBW	March 2011
Brunsbüttel	771	Vattenfall	March 2011
Biblis B	1240	EOn	March 2011
Isar 1	878	EOn	March 2011
Unterweser	1345	EOn	March 2011
Phillipsburg 1	890	EnBW	March 2011
Krummel	1260	Vattenfall	March 2011
Grafenrheinfeld	1275	EOn	2021
Gundremmingen B	1284	RWE	2021
Gundremmingen C	1288	RWE	2021
Gröhnde	1360	EOn	2021
Phillipsburg 2	1392	EnBW	2021
Brokdorf	1370	EOn	2021
Isar 2	1400	EOn	2022
Emsland	1329	RWE	2022
Neckarwestheim 2	1305	EnBW	2022

Considerando l'impatto globale di possibili incidenti nucleari, **il WEC nel 2011** ha sottolineato che sarebbe **necessaria una «global governance»** con poteri forti per quanto riguarda la sicurezza delle centrali esistenti e la costruzione delle nuove. Dagli incontri a Vienna dal 22 al 24 giugno 2011 durante il Ministerial Meeting dell'IAEA è emerso chiaramente che **non si può scavalcare la sovranità nazionale dei singoli Paesi e si può agire solo con un approccio «peer to peer» e consensuale.**

- La **IAEA** ha presentato un piano per implementare, sulla base delle lezioni apprese da Fukushima:
 - **nuovi safety standards** da applicare universalmente alle centrali;
 - la **revisione sistematica e regolare** della situazione di **sicurezza delle centrali**;
 - il **rafforzamento della preparazione locale ad affrontare emergenze**, al limite anche creando una forza di intervento multinazionale;
 - il ruolo – e **l'indipendenza** – **delle agenzie locali** di sicurezza;
 - la **disseminazione delle informazioni** in modo trasparente.

- Vi è stato un aumento della mentalità del "non nel mio cortile", con **il grande pubblico che non vuole strutture / impianti nelle loro immediate vicinanze** e specie per coloro che vivono in zone vulnerabili ai disastri naturali.
- Vi è stato **un aumento del costo delle centrali nucleari per le maggiori richieste di sicurezza / tempi di permessi più lunghi / costi maggiori delle assicurazioni (rischi).**

3) Il nucleare al 31/05/2017 a livello globale

LA SITUAZIONE GLOBALE AL 31/05/2017

(Tra parentesi numero di reattori pre Fukushima)

Reattori in funzione e in costruzione al 31/05/2017				
	In funzione		In costruzione	
	N.	MW	N.	MW
Europa	185(195)	163.340	15(19)	13.918
Nord America	120(124)	114.975	4(1)	4.468
Asia	137(117)	108.425	39(43)	40.922
Sud America	5(4)	3.516	2(2)	1.270
Africa	2(2)	1.860	0(0)	0
Totale	449(442)	392.116	60(65)	60.578

(Fonte: Elaborazione dati IAEA)

I paesi con reattori in costruzione sono : Cina(20), Russia(7), India(5), Stati Uniti e Emirati Arabi(4), Sud Corea e Pakistan(3)-Giappone, Taiwan, Bielorussia , Ucraina, Slovacchia (2)- Francia , Finlandia , Brasile ed Argentina(1)

NB Reattori in servizio in 31 paesi-Iran al posto di Lituania del 2011

NB 240 reattori di ricerca e 180 per propulsione navale in funzione

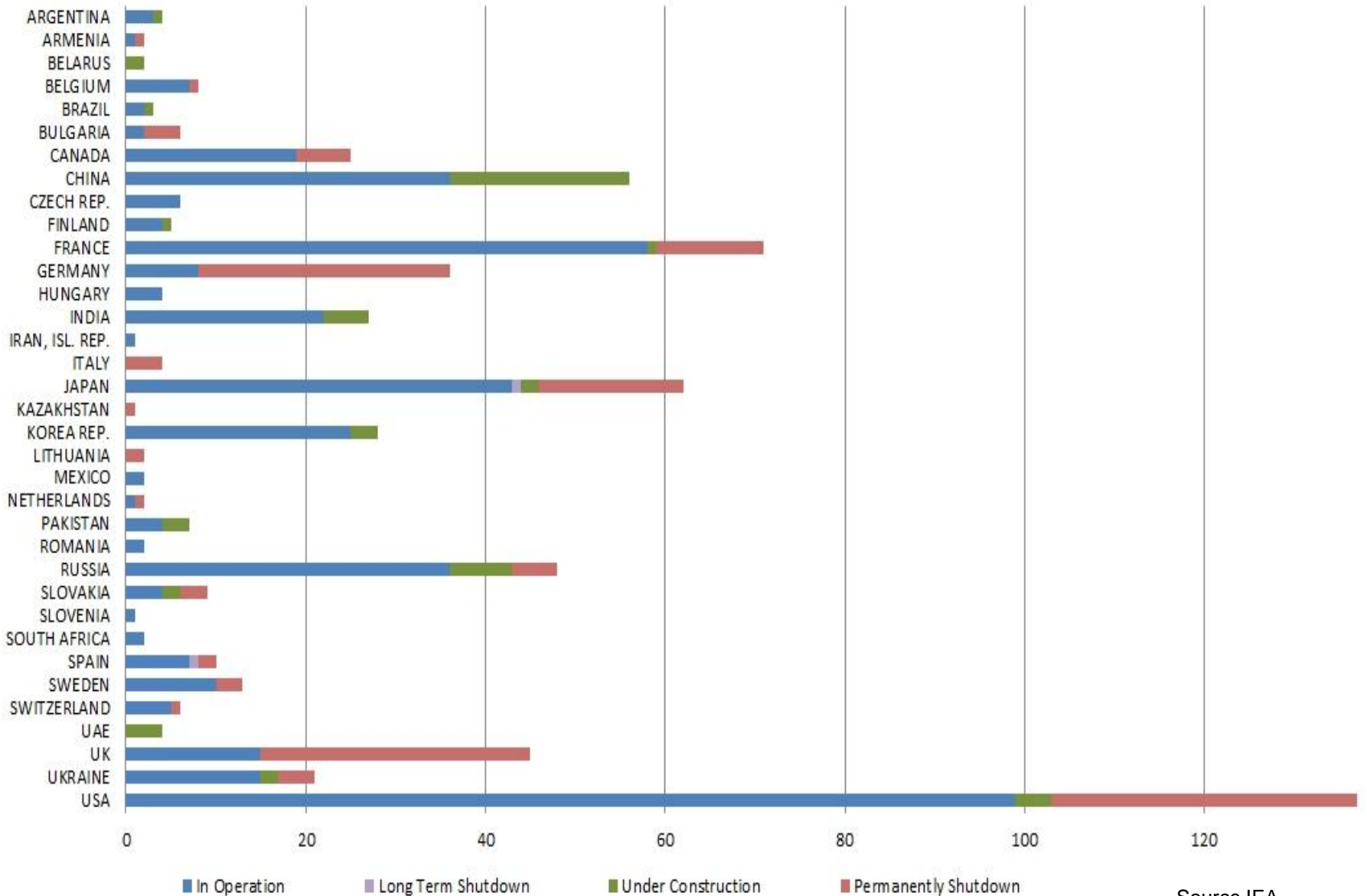
L'Europa risulta ancora di gran lunga in testa per numero di reattori in funzione (185) e per potenza nucleare installata (63 GW) seguita da Asia (con 137 reattori), che ha superato il Nord America (120 reattori) per numero di reattori ma non per capacità (108 GW rispetto a 114).

Occorre però sottolineare che **dei “nominali” 41 reattori giapponesi solo 2 sono in funzione al'31/5/2017**, non essendo dichiarati in *decommissioning* gli altri 41 in attesa di essere rimessi in esercizio; tutti i 43 reattori giapponesi figurano quindi nell'elenco come “in funzione” secondo le procedure IAEA.

Sud America ed Africa hanno ancora un ruolo marginale nel nucleare

Il numero di reattori dichiarati “funzionabili” a livello mondo sono passati dai 442 al 10/03/2011 ai 449 del 31/5/2017 in 31 nazioni con una potenza di 392 GW rispetto ai 375 GW; i reattori in costruzione ora in 16 nazioni sono scesi a 60 (60,5 GW) dai 65 (62,8 GW) pre Fukushima.

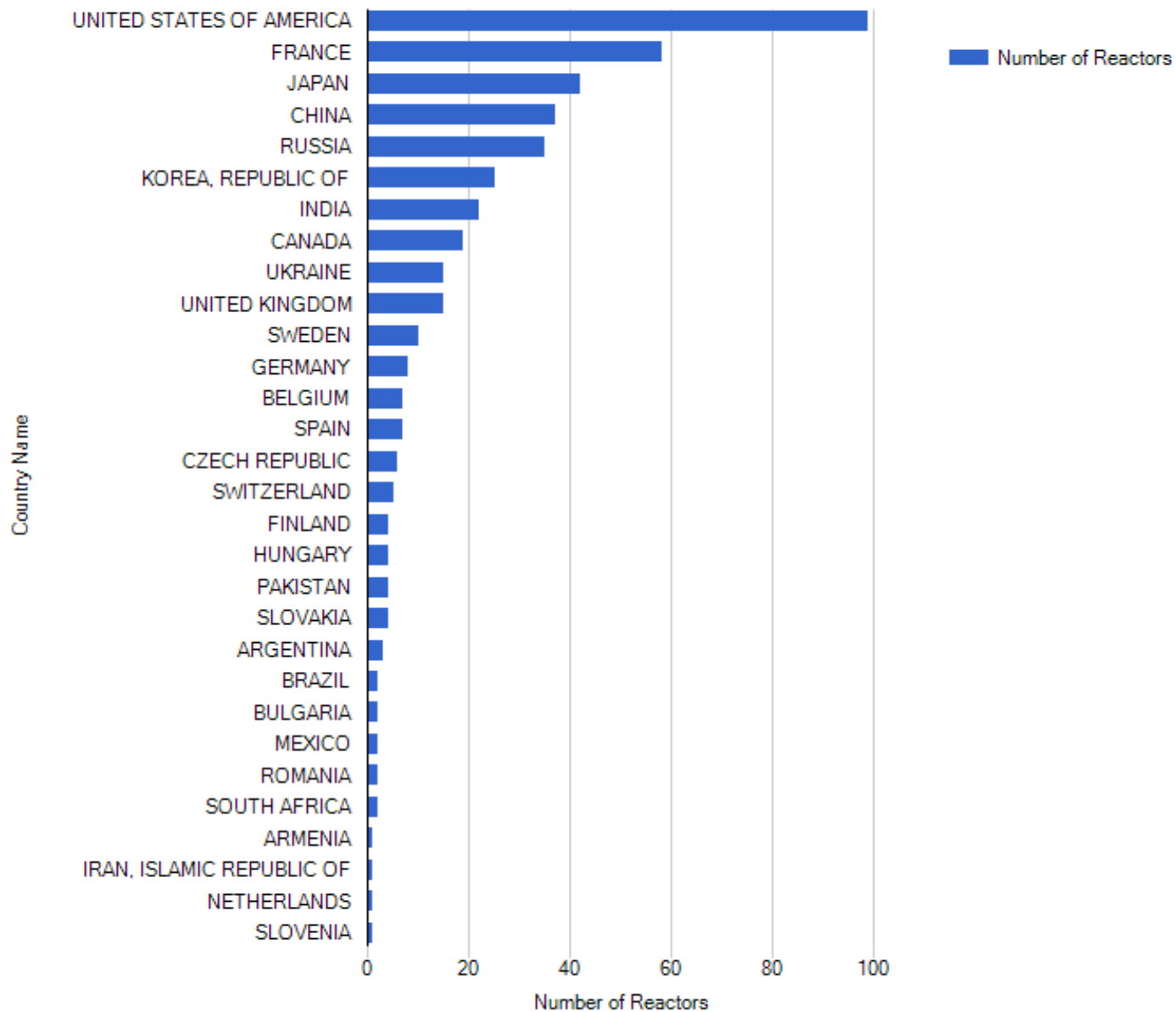
Number of Power Reactors by Country and Status



Source IEA

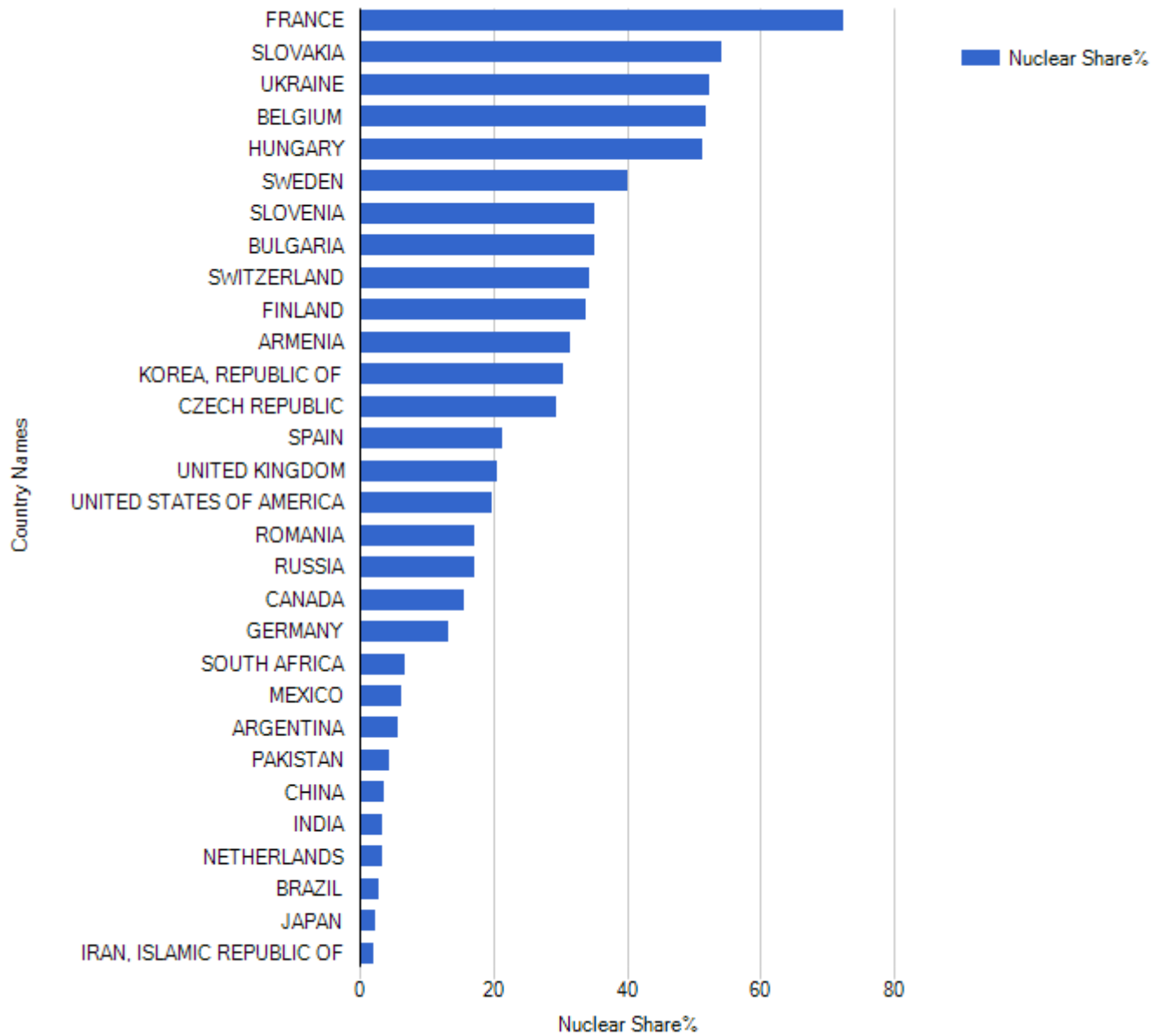
REATTORI IN SERVIZIO

Total Number of Reactors: 449



Source IEA

Paese	Numero reattori in servizio al 31/05/2017 da IAEA	Capacità elettrica totale netta	Produzione 2016
		[MW]	(TWh)
Stati Uniti	100	100.151	804,87
Francia	58	63.130	486,45
Giappone	41	40.290	17,54
Cina	36	31.384	197,83
Russia	36	26.496	184,05
Corea	25	23.077	154,30
Canada	19	11.554	95,65
Ucraina	15	11.102	76,08
Germania	8	10.799	80,07
Svezia	10	9.783	60,65
Regno Unito	15	8.883	65,15
Spagna	7	7.121	56,10
India	22	6.240	35,00
Belgium	7	5.913	41,43
Taiwan	6	5.052	30,46
Repubblica Ceca	6	3.930	22,73
Svizzera	5	3.331	20,30
Finlandia	4	2.764	22,28
Bulgaria	2	1.926	15,08
Ungheria	4	1.889	15,18
Brasile	2	1.884	14,97
Sud Africa	2	1.860	15,209
Slovacchia	4	1.814	13,73
Argentina	3	1.632)	7,68
Messico	2	1.440	10,27
Romania	2	1.300	10,39
Iran	1	915	5,92
Pakistan	4	1.005	5,44
Slovenia	1	688	5,43
Paesi Bassi	1	482	3,74
Armenia	1	375	2,19
Totale	449	392.116	2476



Source IEA

Per quanto riguarda **la tecnologia dei 449 reattori in servizio**
quindi,

-il **65% sono** del tipo **PWR**(*Pressurized Water Reactors*)

-il **17% BWR** (*Boiling Water Reactors*),

-l'**11% PHWR** (*Pressurized Heavy Water Reactors*),

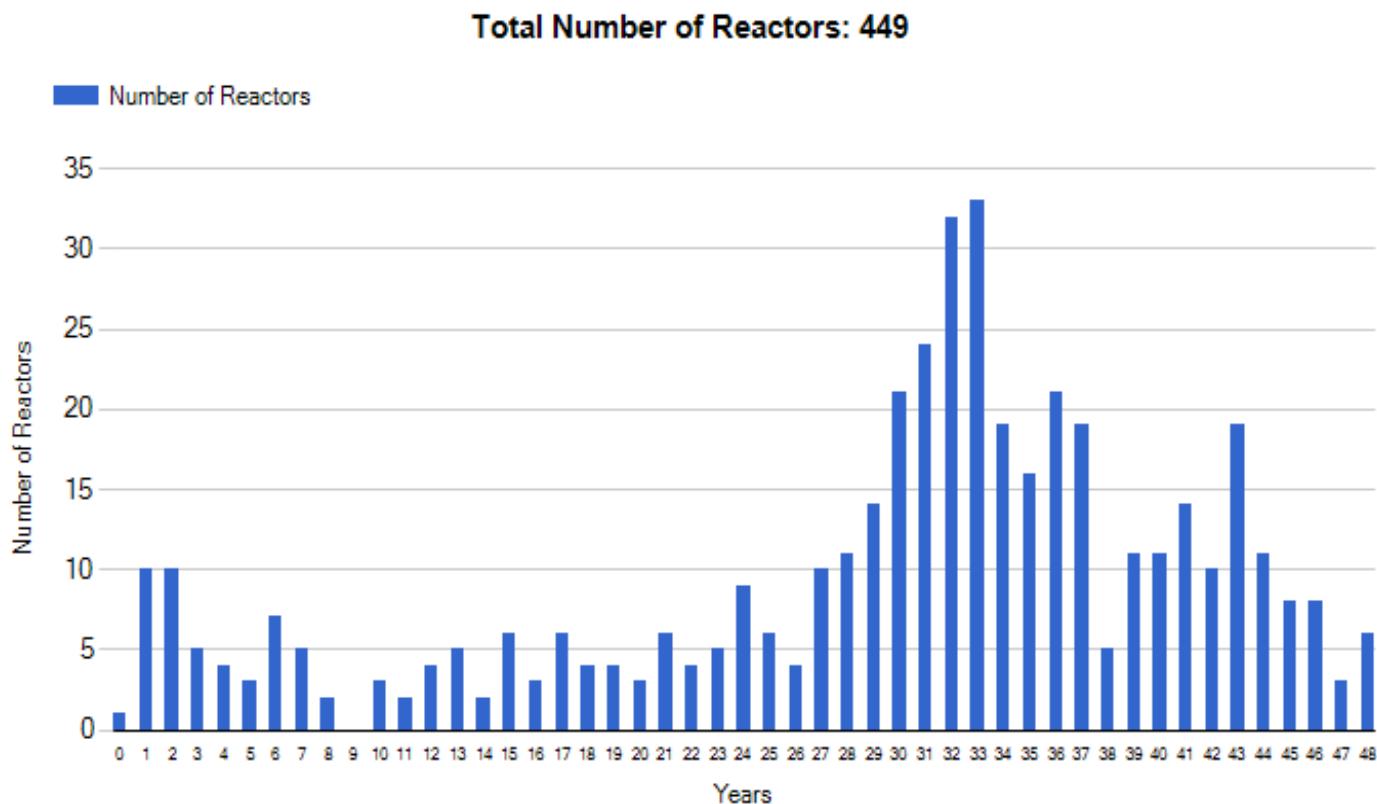
- il **3% GCR** (*Gas Cooled Reactors*)

-il **3% LWGR** (*Light Water Graphite Moderated Reactors*)

-3 reattori sono del tipo **FBR** (*Fast Breeder Reactors*)- *1 in Cina per 20 MW (2011) e 2 in Russia (560 MW nel 1980 e 885 MW nel 2015)-*

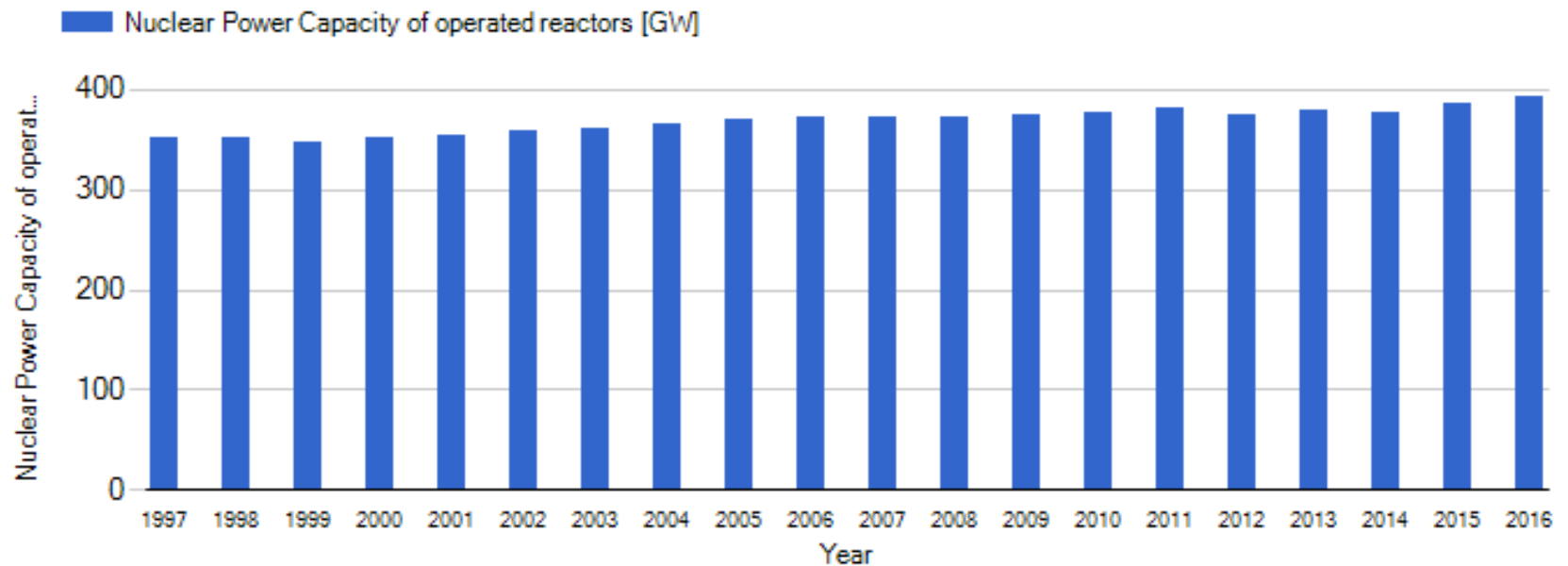
Eta' dei reattori in servizio

Fukushima 2011(-6)-Chernobil 1986(-31 anni)-
Three Mile Island 1979(-38 anni)



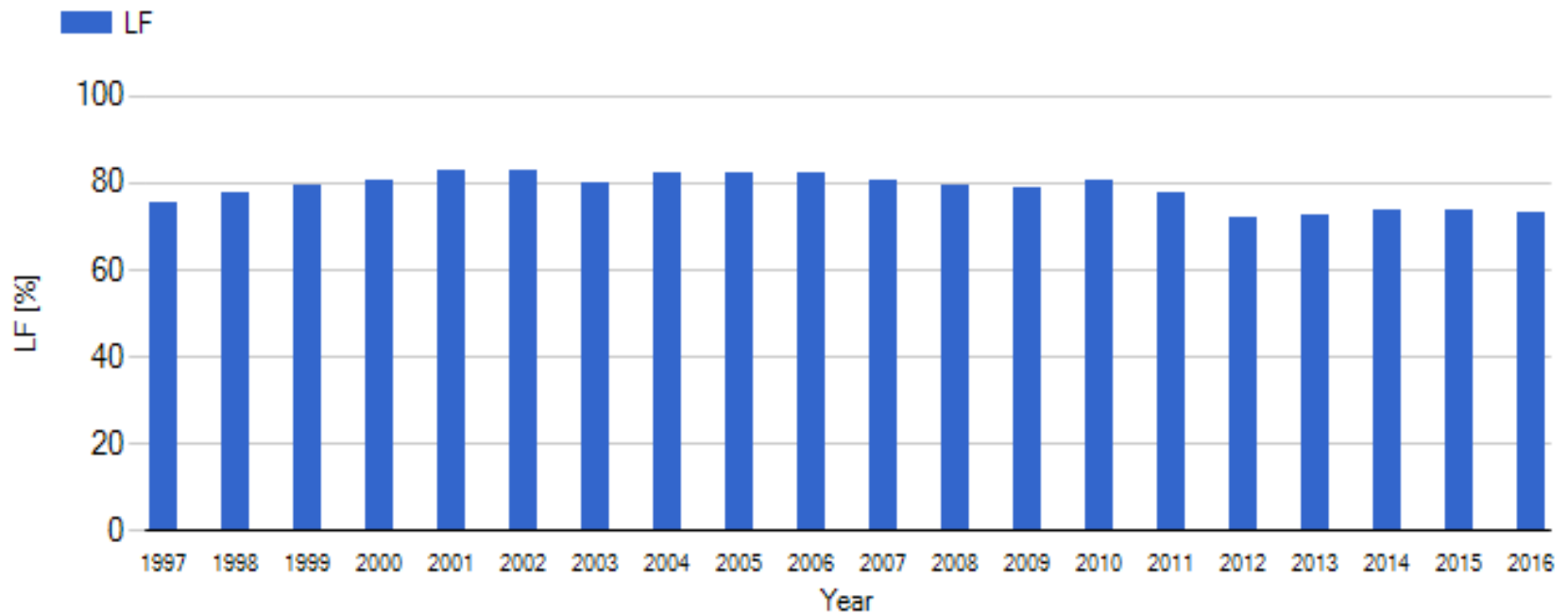
Source IEA

TOTAL CAPACITY OF OPERATIONAL REACTORS IN LAST 20 YEARS



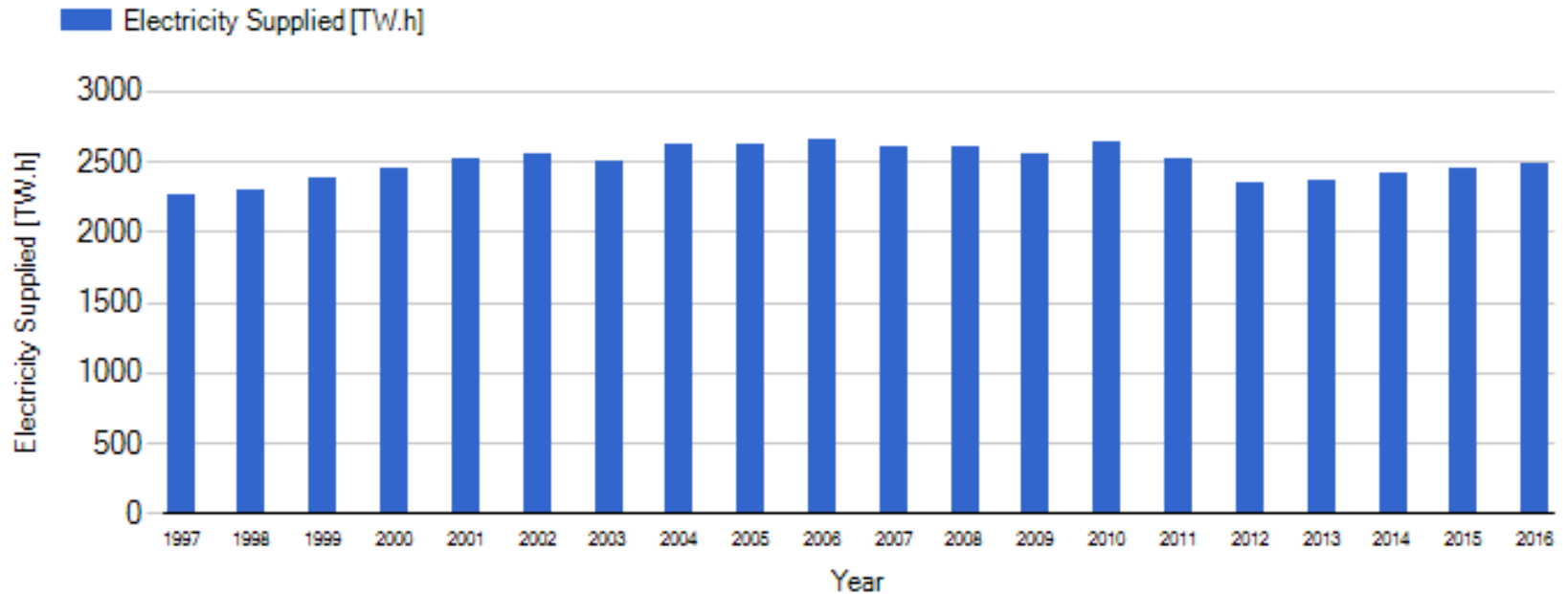
Source IEA

LOAD FACTOR OF GLOBAL FLEET IN LAST 20 YEARS



Source IEA

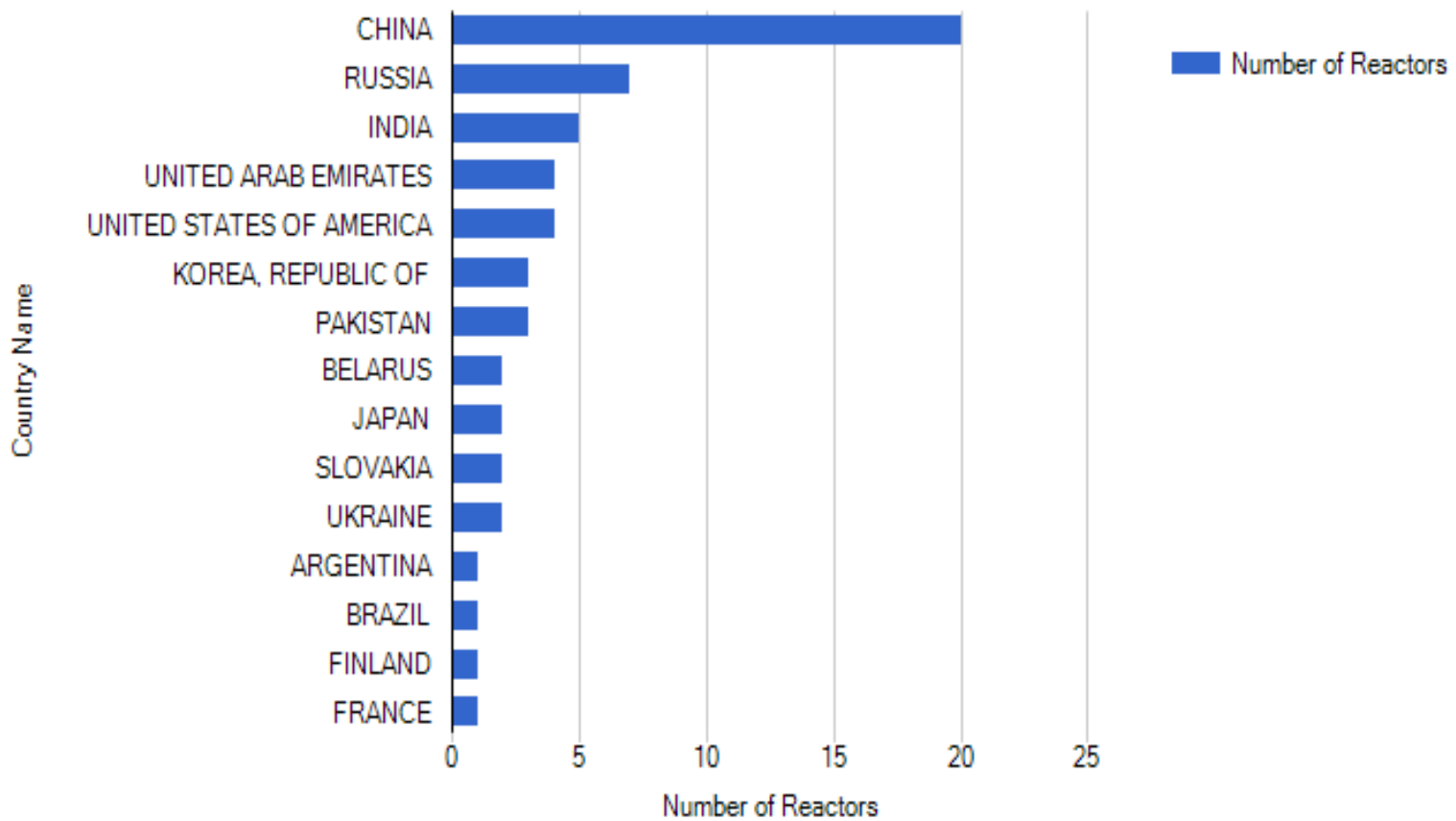
□ ELECTRICITY PRODUCTION BY GLOBAL FLEET IN THE LAST 20 YEARS



Source IEA

REATTORI IN COSTRUZIONE

Total Number of Reactors: 60



Source IEA

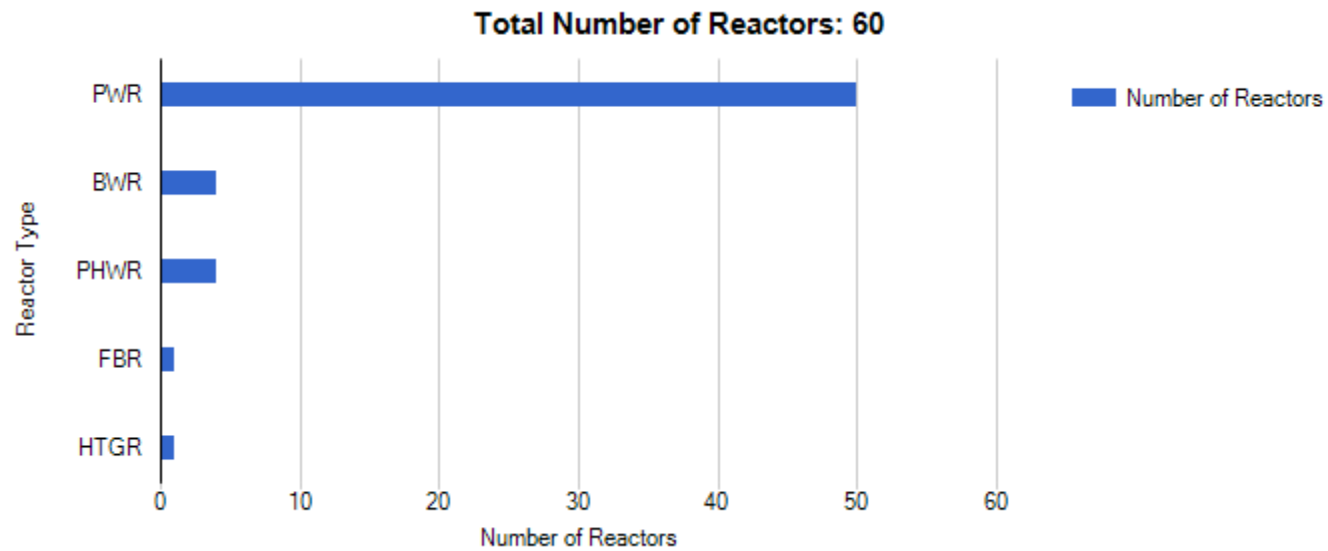
- Reattori dichiarati in costruzione al 31/5/2017 (elaborazione dati IAEA)

Paese	Numero di reattori	Capacità elettrica totale netta
		[MW]
Cina	20	20.936
Russia	7	5.520
Stati Uniti	4	4.468
Emirati Arabi Uniti	4	5.380
Korea	3	4.020
India	5	2.990
Taiwan	2	2.600
Bielorussia	2	2.210
Ucraina	2	2.070
Francia	1	1.630
Finlandia	1	1.600
Giappone	2	2.653
Brasile	1	1.245
Slovacchia	2	880
Pakistan	3	2.343
Argentina	1	25
Totale	60	60.578

- Reattori dichiarati in costruzione al 31/5/2017 (elaborazione dati IAEA)

Paese	Numero di reattori	Capacità elettrica totale netta
		[MW]
Cina	20	20.936
Russia	7	5.520
Emirati Arabi Uniti	4	5.380
Stati Uniti	4	4.468
Korea	3	4.020
India	5	2.990
Taiwan	2	2.600
Pakistan	3	2.343
Bielorussia	2	2.210
Ucraina	2	2.070
Francia	1	1.630
Finlandia	1	1.600
Giappone	2	2.653
Brasile	1	1.245
Slovacchia	2	880
Argentina	1	25
Totale	60	60.578

□ TECHNOLOGY OF REACTORS IN CONSTRUCTION



Source IEA

4) Il nucleare al 31/5/2017 nelle principali nazioni

□ Giappone (41 reattori dichiarati funzionabili per 40GW)

- L'energia nucleare rappresentava il 30% della produzione di elettricità prima di Fukushima (54 reattori per 47 GW); i piani erano di arrivare al 41% entro il 2017 e al 50% entro il 2030.
- Dopo l'incidente delle 4 unità di Fukushima Daiichi, messe in decommissioning, alla fine di Ottobre 2011 solo 10 dei 50 reattori rimanenti erano in funzione (40 reattori chiusi per i controlli periodici, ispezioni) per poi essere messi fuori servizio a fine 2011-2012-Dei 4 reattori rientrati in servizio nel 2015 ,due rifermati da autorità locali
- Un nuovo ente regolatorio nucleare indipendente, associato con il Ministero dell'Ambiente e l'Ufficio di Gabinetto, è stato deciso a metà del 2011 e la nuova Agenzia è diventata operativa nel 2012.

L'autorità nucleare ha ad oggi emesso la **licenza di ripartire a 24 reattori**, ma le autorità locali che hanno "l'ultima parola" si stanno opponendo. Al 31/5/2017 sono in effettivo servizio 3 reattori

Continue oscillazioni politiche sul reale futuro del nucleare e sua graduale sostituzione non danno una chiara idea su sviluppo situazione.

Il disastro di Fukushima è valutato in circa **150 miliardi di dollari per i danni diretti**; in aggiunta il Giappone ogni anno ha un maggior esborso di **decine di miliardi di dollari per importazione di combustibili** di tutti i tipi (40 miliardi di dollari nel 2014) per alimentare le più disparate (per potenza e anzianità) unità esistenti a carbone, petrolio, gas ecc.

In 6 anni il prezzo medio dell'elettricità è aumentato notevolmente e molte società elettriche presentano bilanci fortemente negativi.

Gli ultimi piani energetici prevedono la seguente produzione di elettricità al 2030 dalle principali risorse : 27% da GNL, 24% da carbone, 22-24% da rinnovabili, 20-22% da nucleare.

In costruzione varie centrali a carbone(piani di 40 gruppi per 23 GW) e date le loro emissioni è in discussione l'introduzione obbligatoria di CCS

Fortissimi incentivi alle rinnovabili (450 \$/MWh per fotovoltaico che ha visto l'installazione di quasi 9 GW nel 2016) –Nel 2017 prevista una ricaduta sui clienti di 19 billion \$ per incentivi a rinnovabili.

Nel 2016 decreto per deregulation del mercato elettrico della distribuzione e creazione di un TSO per coordinare al meglio l'operazione delle singole utilities per facilitare l'integrazione delle rinnovabili

- Il Costo dell'energia nucleare comparato ad altre alternative era stato valutato appena dopo Fukushima, considerando \$ 130 miliardi di danni da un nuovo ipotetico incidente nucleare e con i costi dovuti alle misure di sicurezza aggiuntive del post Fukushima.
- Rispetto a generazione da combustibili fossili (inclusi CO₂) e loro prezzi al 2010, l'opzione nucleare era stata valutata al kWh in US c\$ 11,4 ,contro i 12,2 del carbone ed i 13,7 per GNL

- Nel nucleare aziende come Hitachi, Mitsubishi e Toshiba sono importanti a livello internazionale e hanno acquisito imprese nucleari straniere (vedi Toshiba Westinghouse ora in fallimento in US) o hanno stretto forti accordi con aziende straniere (Hitachi con GE per ABWR e ESBWR ,Mitsubishi con Areva per nuovo reattore PWR ATMEA)
- Nel settore manifatturiero pesante e dei componenti nucleari, il Giappone è stato leader mondiale e gioca ancora un ruolo importante. Questa attività fuori dal Giappone viene fortemente sostenuta.
- Le esportazioni di beni e servizi nucleari continua a rimanere la priorità giapponese; accordi di cooperazione internazionale sono stati firmati tra l'altro in Giordania, Vietnam, Corea del Sud

□ Cina (36 reattori in servizio per 31 GW)

- A seguito dell'incidente di Fukushima, nel marzo 2011, il Consiglio di Stato aveva annunciato la sospensione delle autorizzazioni di nuovi impianti e le verifiche di sicurezza di tutti i progetti nucleari (completato nell'ottobre 2011). Dei 34 reattori precedentemente approvati, 4 unità con inizio costruzione nel 2011 erano stati sospesi in attesa del nuovo piano nazionale per la sicurezza del 2012.
- A fine 2011 la NEA (National Energy Administration) ha dichiarato: "La Cina renderà l'energia nucleare il fondamento del suo sistema di generazione di energia nei prossimi 10 e 20 anni aggiungendo fino a 300 GW di capacità nucleare nel periodo".

- **5 nuovi reattori sono entrati in servizio nel 2016 e 21 sono in costruzione.**
- **Reattori per 44 GW sono pianificati ed altri per una totale potenza da 100 a 200GW sono proposti.**
- **La Cina sta quindi avviandosi a diventare** come nell'idroelettrico, nel carbone e nell'eolico e nel fotovoltaico, **la prima nazione anche per potenza nucleare installata.**

-I 2 reattori AP 1000 con Toshiba W a Sammen, previsti in servizio per il 2014 ,hanno subito ritardi ed entreranno in servizio nel 2017-2018 –

Si ritiene che i prossimi ben pianificati possano costare meno di 2500 \$/kW

-I 2 reattori da 1660 MW EPR con AREVA a Tashan hanno subito ritardi e dovrebbero entrare in servizio nel 2018-2019

La Cina sta affacciandosi sia come investitore e sia come fornitore di centrali nucleari all'estero:

- realizzato 1 reattore in Pakistan ed in realizzazione 1 reattore in Argentina ed 1 altro in Pakistan,
- partecipazione con quota del 35% in UK come partner EdF per la realizzazione di Hinkley Point
- propulsore di accordi in Sud Africa, Kenya, Romania, Argentina, Iran, Turchia, Egitto, Armenia, Sudan ecc.

La Cina è notevolmente impegnata nella realizzazione di reattori avanzati .

In sviluppo in collaborazione con Russia e Stati Uniti reattori su chiatte galleggianti.

□ **USA: (100 reattori in servizio per 100 GW)**

La NRC 3 mesi dopo Fukushima aveva dichiarato: «nessun problema di sicurezza per i 104 reattori US in funzione .Nessun rischio per prolungare la vita dei reattori esistenti».

87 reattori hanno già ottenuto a Maggio 2017 una **estensione della licenza fino a 60 anni** ed altre richieste sono in corso. In esame possibili estensioni per addizionali altri 20 anni- Già 30 reattori sono ora in funzione da oltre 40 anni

Nel **2016 è entrato in servizio un reattore della TVA** la cui costruzione era stata sospesa nel 1985;è **il primo reattore connesso alla rete da decenni.**

Dei circa 25 reattori che avevano chiesto le “autorizzazioni per costruire” secondo le procedure del 2007, solo 4 (AP 1000 Toshiba/Westinghouse) sono in fase di costruzione e in stati dove non esiste un libero mercato ma un sistema regolatorio che ribalta sulle bollette i costi di nuovi impianti anche durante le fasi preliminari alla costruzione.

I 2 reattori AP 1000 in Georgia ed i 2 AP 1000 in South Carolina di Toshiba Westinghouse hanno accumulato ritardi ed extra costi che hanno causato il fallimento di Toshiba W US- Fluor è subentrata come EPC contractor e i reattori sono previsti ora in servizio per il 2020-21. Godranno di una tax credit per 8 anni di 23\$/MWh come stabilito dall'Energy Act del 2005

A parte problemi di opinione pubblica, dati i costi e tempi di realizzazione di nuove centrali, il basso prezzo del gas e gli incentivi per rinnovabili, è impensabile non solo una competitività del nucleare nuovo in stati dove vige un mercato elettrico, ma anche la sopravvivenza delle centrali in esercizio senza eventuali incentivi o molto forti penalizzazioni della CO₂

In effetti **vari operatori di centrali nucleari** (Exelon, Entergy ed altri) si trovano **a causa dello sviluppo delle rinnovabili (con relativi incentivi) in difficoltà finanziarie in stati con deregulation** e stanno minacciando la chiusura delle centrali-

Il costo di produzione al 2017 del nucleare in servizio (CAPEX+OPEX+combustibile) è valutato in **36\$/MWh**

Nelle ultime **aste per capacity market sono stati battuti** i reattori nucleari da cicli combinati ed anche da eolico-

Data la ripercussione tragica che avrebbe la chiusura del nucleare, **in alcuni stati** (Ohio, NY, Illinois ecc) stanno **pensando ad uno «zero emission credit» di 23 \$/MWh**, valore pari a quanto applicato per l'eolico

New Scale Power propone 12 **«small reactors»** per totali 600 MW

□ Francia (58 reattori in servizio per 63 GW)

- I 58 reattori nucleari producono **oltre il 75% dell'elettricità del paese** (record mondiale)-La Francia vende **all'estero 65-70 TWh/anno-** Il **costo dell'elettricità per i clienti finali è di gran lunga inferiore in Francia** rispetto a tutte le altre nazioni europee-
- La cessione di elettricità da EDF con **prezzo aumentato da 42 a 46 €/MWh per ridurre gli oneri finanziari**, ha creato notevoli critiche e **non è stato implementato** dalle competenti autorità
- Il **17% del «combustibile» è MOX** da riprocessamento combustibile utilizzato con arricchimento in plutonio
- Età media dei reattori francesi è di 31 anni al 2016-
- E' stata **definita una estensione della vita dei reattori, una flessibilizzazione per facilitare l'inserimento di rinnovabili ed upgrading** (già raggiunti in varie centrali) con piani iniziati nel 2011 .Al 2014 il piano complessivo era **valutato 55 billion € e da completare per i 58 reattori nel 2025;esteso al 2030 con possibili costi vicino a 100 billion €**

La **flessibilizzazione dei reattori** è stata raggiunta con una riduzione della potenza dal 100% al 30% in 30 minuti; ma questo vale solo immediatamente dopo il refuelling ed avvicinandosi al nuovo refuelling non esiste flessibilità-RTE, il TSO francese, si avvale quindi della flessibilità effettiva disponibile ai vari reattori in funzione dei dati comunicati da EDF.

Le **pressioni per la chiusura della vecchia centrale di Fassenheim (i primi 2 reattori in servizio dal '77 e '78)** e le polemiche sembrano risolte; dopo la dichiarazione in Aprile 2017 di EDF di chiusura definitiva al commissioning di Flamanville 3, vi è stato un decreto ministeriale che «obbliga la chiusura il giorno seguente all'entrata in servizio di Flamanville 3»

Il reattore EPR da 1600 MW di AREVA per Flamanville 3 ,previsto inizialmente in servizio nel 2013, continua a cumulare ritardi ed aumenti di costi;le ultime previsioni considerano un costo di 10,5 miliardi € ed un commissioning nel 2019.A seguito di tale esperienza è stata annullata la realizzazione di un secondo EPR a Penly

Per quanto riguarda il decommissioning delle centrali una commissione parlamentare in Gennaio 2017 ha ritenuto bassa la stima di EDF di 75 miliardi €;EDF ha portato prove per supportare la sua stima

Da notare l'attività di EdF e francesi nel nucleare all'estero che ad oggi vede:

- 2 EPR in costruzione in Cina
- accordo per Hinkley Point in Inghilterra(4 reattori EPR ora in società con 35% di cinesi)-Contratto da 24 billion €-Varie critiche in Francia per rischi tecnologici e finanziari-
- varie proposte in Medio Oriente ,Asia ed Africa,

A seguito delle gravi perdite di Areva e l'inclusione in EDF della sua divisione centrali , occorrerà verificare il funzionamento della nuova entità AREVA NP con 65% EDF,15% AREVA Nweco,15% Mitsubishi e 5% Assystem e l'evolversi della collaborazione precedente AREVA-Mitsubishi per il nuovo reattore ATMEA da circa 1000 MW

Per quanto riguarda il futuro del nucleare in Francia ,anche dopo le problematiche verificatesi in alcuni reattori, occorrerà verificare la posizione effettiva del nuovo governo- che dalle dichiarazioni del ministro dell'ambiente sembra confermare quanto il governo precedente aveva promesso:

ridurre nel 2025 al 50 % la quota di elettricità dal nucleare;ciò implicherebbe una nuova generazione programmabile di circa 140 TWh/anno con aumenti di costi per i clienti finali e sicurezza del globale sistema elettrico.

□ **Russia:(35 reattori in funzione per 26,5 GW)**

Il primo reattore mondiale che ha fornito energia ad una rete è stato nel 1954 il reattore da 5 MWe di Obninsk in Russia

Dopo l'incidente di Fukushima, a seguito di controlli effettuati sugli impianti nucleari esistenti, nel 2011 è stato annunciato un programma di “safety upgrade” per la fornitura di elettricità ed acqua alle centrali nucleari in situazioni critiche di sicurezza.

L'estensione di 15 anni di vita e l'aumento di potenza dei reattori esistenti sta procedendo da anni e così pure gli sviluppi dei “fast reactors” dove la Russia è leader mondiale

Oltre ai 7 in costruzione, ad oggi sono pianificati 25 reattori per 28 GW per entrata in servizio nel 2035.

Vari reattori dei 35 in servizio sono utilizzati anche per reti di calore (*district heating*).

La costruzione dei 2 reattori da 1.200 MW nell'enclave di Kaliningrad è stata sospesa non essendosi concretizzati contratti di vendita con Germania, Polonia e Stati Baltici.

La Russia è leader mondiale per propulsione nucleare di navi rompighiaccio e mercantili con reattori da circa 70MW dai quali si sta progettando la costruzione in via di utilizzazione per centrali galleggianti

La Russia è stata ed è attivissima nel promuovere il finanziamento di reattori da realizzare all'estero con la filosofia BOO (*Build Operate&Own*) con contratti che prevedono realizzazione ed operazione delle centrali con fornitura del combustibile e anche ritiro delle scorie e con particolari condizioni per la cessione futura degli assets al governo locale.

Con riferimento all'attività all'estero svolta dopo il crollo dell'impero russo, 7 reattori sono stati venduti e sono già in servizio in Ucraina(2), Iran(1), Cina (2) ed India(1)-

Sono in costruzione 4 reattori: 2 in Cina e 2 in Bielorussia.

14 reattori sono oggetto di contratti firmati (ma non tutti operativi) in Turchia(4 con il primo contratto nucleare mondiale BOO), India(2), Bangladesh(2), Vietnam(2 ma ritardati da governo locale), Armenia(1),Iran (2) e Finlandia (1).

Altri 15 reattori pianificati con finanziamenti ,in Cina ,India, Ungheria (boicottaggio UE), Giordania, Slovacchia ed Egitto (4 reattori con finanziamento di 26 b\$).

Recenti accordi firmati per 6 reattori in India ed 8 in Sud Africa oltre a quelli in Nigeria, Argentina ed Algeria.

NB Nel 2017 Rosatom ha annunciato che dal 2020 deve essere indipendente economicamente da supporti statali che cesseranno.

□ Inghilterra (15 reattori in funzione per circa 9 GW):

Gli ultimi governi i favorevoli al mantenimento del nucleare, con chiusura entro il 2025 del 50% dei reattori attualmente in servizio ma con cessione dei siti di vecchie centrali nucleari per la realizzazione di nuove

Nel 2014 è stata introdotta una *feed-in tariff* per il nucleare per 35 anni (abbinata ad un contratto per differenze) pari a 95 £/MWh.

Occorre notare che anche gli altissimi *livelli di carbon tax* previsti sono stati ridotti ora a 16-18 £/tonnellata CO₂ nel 2020 con progressiva salita nel 2030 a 70.

Gli iniziali obiettivi abbastanza mirabolanti per rinnovabili e nucleare sono stati ridotti e per il nucleare si parla ora di circa 17 GW di nuove centrali operative nel 2030; non sono previste restrizioni ad investimenti stranieri.

- 5 progetti di IPP's in definizione/implementazione:
- -**EdF Energy (ora 65% EdF e 35% cinesi di CNG) per 4 EPR per totali 6.500 MW** .Ad inizi dei colloqui del 2010 EdF prevedeva il primo reattore in servizio nel 2018-A seguito di varie vicissitudini e critiche in Francia, EdF dopo accordo con i sindacati ha deciso in Agosto 2016 di proseguire nel progetto che è stato confermato a Settembre dal nuovo governo inglese con una stima di un 57% di lavori per l'Inghilterra –**Costo totale stimato di 18 miliardi di sterline con inizio lavori nel 2019 e primo gruppo in servizio nel 2026**-La Camera dei Lords nel febbraio 2017 ha espresso il parere di considerare progetti di back up per prevenire serie problematiche al sistema elettrico inglese per il quale Hinkley point fornirebbe il 7% della totale energia

- **-Sizewell C (80% EdF e 20% CNG)** accordo preliminare del 2015 per **2 reattori EPR per 3200 MW** ancora in fase di definizione
- **-Horizon** che dopo varie vicissitudini vede **Hitachi al 100% con 4 reattori ABWR per totali 5.500 MW** con il primo previsto in funzione nel 2025-EXCELON di Stati Uniti entrato come advisor ed ora anche Bechtel- A giugno Hitachi ha fatto presente che proseguirà con il progetto solo se verrà trovato un “adequate investor partner”
- **-Nu Generation** (inizialmente 50% Iberdrola e 50 % GdF ,poi 60% Toshiba e 40% ENGIE ex GdF) con **3 AP 1000 per circa 3.400 MW** con il primo in funzione non prima del 2024 e con stima di **13-15 miliardi di sterline** di investimento.Dopo trattative a seguito del fallimento di Toshiba **US,KEPCO con supporto del governo coreano è subentrata a Toshiba** ed una decisione finale per l'investimento è attesa per il 2018 in funzione del valore che verrà assegnato al contratto per differenza (CfD) che il governo britannico pensa inferiore a quello accordato per Hinkley Point e cioè *feed-in tariff* per 35 anni (abbinata ad un contratto per differenze) pari a 95 £/MWh.

- - **General Nuclear Systems – Bradwell B (Joint Venture 33,5% EdF e 66,5% CNG) per la realizzazione di 2 reattori cinesi HPR 1000 in fase di certificazione**

Interessante notare la **decisione dell'ottobre 2015 di investigare l'utilizzo di "small reactors"** ed in particolare accordi con la americana Nu Scale Power (*Integral Pressurized Water Reactors* in moduli da 50 MW) e con Westinghouse (LWR da 200 MW).

- ❑ Sud Corea:(25 reattori in servizio per 23 GW)
- ❑ Nel 2011 il nucleare ha fornito il 31% dell'elettricità del paese. A metà del 2011 dopo Fukushima il Governo aveva ribadito l'intenzione di avere 43 GW entro il 2030 per la fornitura del 59% dell'energia elettrica nazionale. Nel novembre 2011 il governo aveva sottolineato il suo impegno per la realizzazione di 6 nuovi reattori entro il 2016 ma in realtà solo 4 reattori sono stati aggiunti in servizio fino a Maggio 2017.
- ❑ La Corea vanta la miglior performance mondiale della flotta nucleare con un *capacity factor* di oltre il 96%.

Ci sono 3 reattori dichiarati in costruzione ma con gli altri pianificati sono in fase di stallo per aumentate opposizioni locali e per riduzione del tasso di incremento dei consumi.

L'ultimo piano al 2035 prevede al ribasso al 29% la capacità installata di nucleare rispetto al precedente 41%.

Con KEPCO (la utility coreana) forte azione di vendita di centrali all'estero; acquisita la più grossa commessa della storia nucleare battendo con 20 miliardi di \$ alla grande AREVA (Francia) per la fornitura agli Emirati Arabi di 4 reattori da 1.400 MW ciascuno che stanno entrando in servizio (il primo nel 2018) intervallati di circa 1 anno l'uno dall'altro. Contratti ed accordi firmati in Turchia, Giordania, Romania, Egitto, Arabia Saudita, Vietnam, Repubblica Ceca , Brasile e Sud Africa.

Rep. Ceca:(6 reattori in servizio per 3,9GW –energia nucleare 36%)

- Nell'ottobre 2011, 3 candidati (Areva,Toshiba W e consorzio Skoda con russi) invitati da CEZ a presentare per luglio 2012 «Offerta per 2 unità complete a Temelin su base chiavi in mano,con fornitura di combustibile per 9 anni di funzionamento.» L'accordo prevedeva la possibilità di ordinare 3 addizionali reattori per altre località .
- Nel 2014 il governo della Repubblica Ceca ha confermato che non verrà accordata nessuna tariffa preferenziale (come invece in Inghilterra) al nucleare e le trattative si sono incagliate .
- Nel 2015 una nuova strategia nazionale indicava **3 nuovi reattori a breve** e di raggiungere oltre il 50% di energia nucleare nel 2040
- Nel gennaio 2016 il governo ha formato un comitato presieduto dal primo ministro per coordinare/pianificare lo sviluppo del nucleare.
Nel gennaio 2017 sono stati formati 3 gruppi di lavoro per rendere operative le direttive con la realizzazione di un nuovo reattore

Spagna-Belgio- Svezia

Posizione ondivaga per nucleare dei rispettivi governi

Spagna(7 reattori per 7 GW)-Chiusura centrale S.Maria de Garona dopo lunghe discussioni-Per le 7 in servizio le licenze scadono dal 2020 al 2024

Belgio (7 reattori pe 5,9 GW) producono circa il 40 % di energia elettrica del paese-Chiusura prevista dal 2022 al 2025-Dibattito per costi associati ad estensione vita non garantita come tempo

Svezia(10reattori per 9,7 GW) producono circa 40% di energia elettrica-1980 governo decide chiusura nucleare-2010 decisione revocata ma chiusi 1.2GW-2015 chiusura 2,7 GW nel 2020-Tassa CO2 100 €/t-Tassa nucleare 0,45c€/kWh

□ India:(22 reattori in servizio per 6,2 GW)

- A partire dai 4400 MW i in servizio nel 2011, l'India aveva un programma ambizioso: avere 9 GW in servizio entro il 2015 e in funzione nel 2032 più di 60 GW.
- Il programma era incentrato su 5 « parchi dell'energia nucleare» ciascuno di 8.000-10.000 MW per fornire 45 GW nel 2032 con schema BOO da investitori esteri; e qui erano coinvolti la Francia (EdF con Areva), la Russia, i 2 gruppi giapponesi/Stati Uniti (Toshiba W con reattori AP1000 e GE/Hitachi con reattori ABWR), Canada con reattori AECL e Corea con KEPCO e reattori AP 1400.
- La decisione del governo indiano di non contribuire per danni diretti ed indiretti derivanti da possibili incidenti nucleari (che dovrebbero quindi essere presi in toto da investitori e fornitori di tecnologie), ha bloccato le trattative.

. Gli ultimi più realistici targets sono in forte ribasso dai precedenti mirabolanti e prevedono di raggiungere nel 2024 i 15 GW di nucleare installato.

Occorre notare che l'India a causa della sua bomba atomica è stata tenuta fuori dal trattato di non proliferazione fino al 2009 ed ha sviluppato i suoi reattori utilizzando anche il locale Torio data l'impossibilità di importare Uranio.

A parte un reattore VVER russo da 900 MW recentemente entrato in servizio ed un BWR GE da 150 MW del 1969, gli altri reattori in servizio sono i loro PHWR da 220MW ed 1 da 460MW

Tra i 5 reattori in costruzione vi sono 4 PHWR da 700 MW e 1 FBR da 500 MW che è prossimo al *commissioning* (costruzione iniziata nel 2004); è stata pianificata la costruzione di altri 4 FBRs da 700 MW

Accordo per inizio costruzione nel 2017-2018 con la Russia di 2 reattori AES-92 da 1.005 MW ed altri in futuro.

□ Turchia:

- Dal 1970 la Turchia snocciola piani nucleari mai realizzati
- I capi di stato russi e turchi a maggio 2010 hanno firmato un accordo con Rosatom per costruire, possedere e gestire l'impianto di Akkuyu con 4 unità da 1200 MW. Ratifica di entrambi i parlamenti e la registrazione della società di progetto nel dicembre 2010.
- Primo approccio BOO per impianti nucleari; TETAS acquisterà il 70% dell'energia delle prime 2 unità e il 30% dalle unità 3 e 4 per più di 15 anni al prezzo fisso di 12.35 dollari cent / kWh. Il resto dell'energia sarà venduta sul mercato libero.
- Nel dicembre 2011 la Società di Progetto ha presentato le domande di permesso per costruzione ed ha avviato le valutazioni d'impatto ambientale al fine di iniziare la costruzione che per varie problematiche politico finanziarie non è ancora avvenuta-La prima unità prevede ora inizio costruzione nel 2018 per commissioning nel 2023 con gli altri reattori a seguire con cadenza annuale

-Ci sono piani in discussione dal 2008 per costruire un secondo impianto nucleare in Sinop con 4 reattori proposti l'ultima volta da AREVA e Mitsubishi con Engie con reattori ATMEA da 1150 MW-Studio fattibilità ora in conclusione con l'inizio costruzione del primo gruppo prevista nel 2018

-Discussioni per rinnovare una precedente offerta KEPCO di 4 reattori x 1400 MW ciascuno con uno schema BOO non hanno portato a risultati

-State Nuclear Power Technology Corporation (SNPTC) of China e Westinghouse hanno firmato un accordo nel 2014 con il governo turco per realizzare in località da meglio definire una centrale con 2 reattori AP1000 e 2 reattori cinesi CAP 1400

-

□ Lituania:

-Su pressioni EU la Lituania ha chiuso nel 2009 il suo ultimo reattore tipo RBMK da 1140 MW

-Nel luglio 2011 il governo ha selezionato GE - Hitachi per un possibile contratto EPC della centrale Visiginas.

-GE- Hitachi prevedeva di costruire un reattore ABWR da 1350 MW per 4 billion\$ ma la società ad hoc in via di formazione è stata «surgelata» nel 2015

-A novembre 2016 il governo lituano ha ritardato ogni investimento dichiarando il progetto sarà ripreso se economicamente vantaggioso, o per motivi di sicurezza energetica, o per accordi con gli stati limitrofi

□ Arabia Saudita:

-A seguito delle prime dichiarazioni di sviluppare "l'energia atomica essenziale per soddisfare le crescenti esigenze del Regno", nel giugno 2011 KA - CARE (King Abdullah city per nucleare e le rinnovabili) ha comunicato "costruire 16 reattori nucleari nei prossimi 20 anni ad un costo di \$ 80 miliardi; i primi 2 previsti in funzione in 10 anni ed altri 2 ogni anno fino al 2030, per generare circa il 20% dell'elettricità richiesta dall'Arabia Saudita".

-Serie di accordi con francesi, giapponesi,americani ecc ma nel 2015 KA-CARE ha annunciato che il target 2030 diveniva 2040

-Interessi anche per piccoli reattori abbinati a dissalazione-Accordi con coreani per reattore SMART da 100 MWe e con argentini per reattore da 27 MWe

-Nel 2016 accordo con China Nuclear Engineering Corporation (CNEC) per costruire un high-temperature reactor (HTR) in S.Arabia come quello in costruzione in Cina-Studio fattibilità iniziato nel 2017

□ Polonia:

- Ha le più grandi riserve di carbone nella UE ed anche le più grandi potenziali riserve di shale gas- 80 % di elettricità dal carbone
- Dal 2004 i vari governi avevano introdotto lo sviluppo del nucleare con varie vicissitudini-Una Joint Venture a 4 con tre società elettriche ed una mineraria(rame) ha effettuato studi di fattibilità ,scelta del sito e studi ambientali per 2 centrali da 3000 MW ciascuna previste in servizio tra il 2024 ed il 2034, per ridurre la forte dipendenza dal carbone .Avevano espresso interesse GE-Hitachi, KEPCO, SNC Lavalin, Toshiba /W ed AREVA.
- Dati i notevoli rischi ed oneri finanziari la Joint Venture ha proposto al governo un PPA con contratto per differenza approvato dalla CE; dopo alterne vicissitudini il nuovo governo ha respinto a giugno 2016 come troppo costoso un contratto per differenza ed affermato di preferire di continuare con una forte dipendenza dal carbone.
- A fine 2016 il governo ha espresso interesse su ricerche per futuri reattori ad alta temperatura ,considerati adatti alle esigenze paese

Ungheria (4 reattori in funzione per circa 2 GW):

-Estensione della vita di 20 anni per i 4 reattori russi in esercizio; fine nuove licenze da 2032 al 37-Vari upgrading; nel 2009 le 4 unità avevano una potenza netta di 470 MW, ora soggetta a nuovi upgrading in corso.

-Dopo una serie di nuovi reattori proposti e cancellati, nel 2009 il parlamento ha approvato di aggiungere 2 nuovi gruppi da circa 1000 MW ciascuno alla centrale di Parks e nel 2012 erano invitati per gara futura i principali fornitori di reattori PWR-

-Nel 2014 improvvisamente il governo ,senza gara, ha firmato un accordo con Rosatom per la fornitura di 2 reattori VVER 1200 con un finanziamento russo dell'80%

-Dal novembre 2015 ci sono state azioni legali di UE contro l' Ungheria per ottenere sospensione/annullamento del contratto in ottemperanza al boicottaggio di forniture dalla Russia e considerando aggiudicazione senza gara e aiuti di Stato- La controversia si è chiusa a Marzo 2017 e la nuova centrale è «functionally and legally independent» con inizio costruzione del primo gruppo nel 2018 e commissioning nel 2024 (il secondo gruppo segue dopo 1 anno.

□ **Finlandia:** (4 reattori in funzione per 2,7 GW)

-La Finlandia record per il capacity factor (95%) della flotta nucleare e per l'upgrading dei gruppi-1 2 Olkiluoto BWR da 660 MW portati a 880 MW (vita estesa fino a 2036 e 2040) ed i 2 reattori Lovisa da 420 MW a 502 con estensione vita fino a 2027 e 2030

-Nel 2002 il governo approva un 5° reattore-La società TVO indice una gara per il 3° reattore in Olkiluoto ,gara aggiudicata a Joint venture Siemens Areva con reattore EPR 1600 MW nel 2003 con commissioning previsto nel 2009

-Olkiluoto 3 è stata considerata originariamente un modello tecnologico e di approccio consortile/finanziario con energia fornita ai soci a prezzo vantaggioso rispetto al prezzo in borsa.....ma ha cumulato 10 anni di ritardi (commissioning previsto nel 2019) e quasi triplicati i costi con un enorme contenzioso di miliardi di €

-Nonostante le gravi problematiche per il completamento della centrale di Olkiluoto 3 di TVO il governo finlandese ha aperto nel 2009 l'iter autorizzativo per altre 2 centrali:

.Olkiluoto 4 inizialmente prevista per 1.600 MW come raddoppio di Olkiluoto 3 (e poi ridotta in potenza a 1.200 MW ed ora cancellata)

. la centrale del raggruppamento Fennovoima che, a seguito di uscita di azionisti (EoN) e di situazione reattore EPR ,ha ottenuto autorizzazione a ridurre la potenza da 1600 MW a 1200 vede ora un accordo intergovernativo con i russi che hanno preso la maggioranza con il 34% del capitale ed il rimanente di 40 industrie locali

.Per Fennovoima nuova con Russi, ottenimento VIA nel 2016 -Prezzo stimato di 7-8 miliardi di € inclusi oneri finanziari e costo del kWh per azionisti a 50 €/MWh .Il reattore AES 2006 da 1.200 MW è previsto in esercizio nel 2024 con inizio costruzione nel 2018.

- Romania(2 reattori in servizio per 1300 MW
 - Per i nuovi 2 x 720 MW reattori di Cernovada (unità 3 e 4), telenovela infinita da oltre un decennio. **La China General Nuclear Power (CGN)** ha reiterato da agosto 2011 interesse ad investire nelle 2 unità ma non ancora viste conclusioni

- Bulgaria:
 - La saga della centrale di Belene con costruzione iniziata nel 1987,sospesa nel 1991,discussa per anni per inserimento di 1000 MW o 2000 MW, lavori nel 2008 poi sospesi sembra conclusa. Trovato un accordo di compensazioni tra Russia ;decisione di eventuali 2 nuovi reattori nella centrale di Kozloduy non ancora definita

□ **.Sud Africa** (2 reattori in funzione per 1860 MW)

--Dal 2007 un susseguirsi di piani nucleari continuamente modificati

-2007 gara ESKOM per 20000 MW :qualificati reattori AREVA EPR 1600 MW e Toshiba W AP1000 .Gara annullata nel 2008 per problemi finanziari

-2010 e 2011 nuovi piani governativi al 2030 con 13% e 20% di nucleare con quota iniziale di 9600 e lancio qualifiche fornitori

-Novembre 2016 piano per avere on line 6800 MW nel 2041 e 20000 MW nel 2050

-In aprile 2017 il nuovo ministro delle finanze ha affermato di “implement the [nuclear] program at the scale and pace the country can afford” ma si può procedere con gara da 9600MW.....ed accordi con russi

5) Considerazioni finali

- ❑ Non esiste una grave scarsità a livello globale di risorse energetiche fossili. Negli anni '60 - '70 si diceva che il petrolio avrebbe avuto una vita di 40 anni!

I critici problemi delle fonti fossili sono sia la loro disomogenea localizzazione delle aree di consumo rispetto a quelle di produzione (specie per gas e petrolio) e sia il “come bruciarle”, con le relative emissioni e l’impatto sull’ambiente.

- ❑ L’energia elettrica sarà sempre più importante.

- Nei prossimi decenni le fonti fossili avranno ancora un ruolo più che dominante per la produzione dell'energia elettrica.

L'ambiente / le emissioni di CO₂ richiedono tuttavia un approccio globale.

E' positivo e degno di esempio quanto UE ha fatto e sta facendo, ogni goccia è importante... ma la “goccia” dall'Europa sta diventando sempre più piccola nell'Oceano globale e ci sono 2 grossi rischi potenziali:

- perdita di competitività con eccessive penalizzazioni specie per le industrie “energy intensive”;
- rilocalizzazione delle industrie in nazioni dove l'efficienza di produzione dell'energia elettrica è inferiore a quella europea... con il risultato di aumentare le emissioni di CO₂ (l'opposto dell'obbiettivo voluto).

- ❑ Per i problemi di energia ed ambiente è fondamentale passare da un approccio ideologico ad un approccio basato su numeri e costi globali, inclusi quelli ambientali.
- ❑ Informazione e formazione sono fondamentali: per le rinnovabili dovrebbero portare ad una cultura del “costo sociale” e per l'efficienza energetica ad una cultura del "life cycle cost" così poco diffusa in Italia dove ancora per la grande maggioranza degli investimenti ci si concentra sul costo iniziale, trascurando i costi di esercizio dove la bolletta energetica sarà sempre più cara.

- ❑ L'incidente di Fukushima ha lasciato il segno sugli ambiziosi sviluppi a lungo termine del nucleare ipotizzati negli anni 2005-2010 e li ha ridimensionati.
- ❑ Tuttavia, se si osserva la situazione a livello globale, i reattori dichiarati in servizio sono superiori (449 contro 442) a 6 anni dal disastro a quelli del 10/03/2011; ciò fatto salvo che bisognerà verificare effettivamente quanti dei 41 reattori giapponesi contati come funzionabili ritorneranno in esercizio.
- ❑ Ben 60 reattori sono in costruzione (erano 65 pre Fukushima)
- ❑ Anche con praticamente tutti i reattori giapponesi fermi nel 2016, la produzione totale dal nucleare di circa 2.480 TWh è risultata di solo il 5% inferiore ai 2.620 TWh del 2010.

- ❑ Chiaramente ci sono nazioni come Cina e Russia con particolari situazioni socio-politiche e vastità del territorio dove i piani di nuove centrali sono proseguiti e proseguono;
- ❑ Vi sono alcuni emergenti nuovi mercati per il nucleare (Emirati Arabi chiaramente e forse Arabia Saudita)
- ❑ In altre nazioni (es. Stati Uniti e mondo occidentale) si è verificato un forte ripensamento non solo per motivi “emozionali” ma per il costo di nuove centrali e le problematiche per le tempistiche (Olkiluoto in Finlandia e Flamanville in Francia con il reattore EPR da 1.600 MW con raddoppio dei tempi e triplicazione dei costi rispetto a previsioni iniziali).

- ❑ Con riferimento al pre Fukushima, si nota la disfatta sul piano tecnologico ed industriale dei cosiddetti reattori della generazione 3+ sui quali erano poste enormi aspettative :in particolare il reattore EPR da 1600 MW francese (6 anni di ritardo ad ora e costi triplicati per Flamanville in Francia ed Olkiluoto in Finlandia e ritardi per i 2 reattori in Cina) e per il reattore AP1000 di Toshiba Westinghouse (ritardi e forte aumento dei costi per i 4 reattori negli USA e ritardi per i 2 reattori in Cina)-
- ❑ Questo a fronte per fotovoltaico ed eolico di una forte esplosione delle tecnologie e riduzione dei costi con una grande esplosione dei mercati(a fine 2016 l'eolico e il fotovoltaico hanno raggiunto rispettivamente i 487 GW ed i 302 GW di impianti in servizio che hanno però chiaramente ore equivalenti di funzionamento all'anno ben inferiori al nucleare)

I principali recenti eventi nei vari paesi :

- ❑ -si è concluso il fallimento di AREVA con salvataggio dello stato francese inserendo in EDF la divisione costruzione centrali nucleari di AREVA e si è consumato il fallimento di Toshiba US.
- ❑ -la crisi economica per reattori in funzione negli Stati Uniti in aree con regimi non regolamentati e con gli incentivi alle rinnovabili e bassi prezzi del gas ;quasi il 90 % di reattori in servizio ha ottenuto un'estensione di 20 anni al loro funzionamento
- ❑ -una riduzione in Francia della quota del nucleare e nubi all'orizzonte per le dichiarazioni politiche di drastica riduzione al 2025 della quota di energia dal nucleare in un periodo di investimenti multimiliardari di EDF per flessibilizzare ,aumentare la potenza ed estendere la vita dei reattori-

- ❑ i continui ritardi e modifiche alla composizione delle società proponenti i 5 progetti multimiliardari per 17GW in Inghilterra con il primo reattore forse in servizio nel 2025;3 dei 5 progetti ha un partner cinese
- ❑ -il drastico cambio di politica del governo polacco che dopo oltre un decennio di piani nucleari ha deciso di proseguire con una forte dipendenza dal carbone.
- ❑ -la “vittoria” dell’Ungheria sulla UE per la costruzione di 2 reattori con finanziamento russo
- ❑ -in Giappone prosegue l’opposizione dalle autorità locali al ritorno in servizio di reattori approvati dalle autorità centrali mentre in parallelo proseguono forti sovvenzioni alle rinnovabili(9 GW di fotovoltaico entrati in servizio nel 2016)

- ❑ -gli effetti delle sanzioni economiche alla Russia sui suoi notevoli finanziamenti e realizzazioni di centrali all'estero che non avranno più sovvenzioni statali
- ❑ -la Lituania a dicembre 2016 ha deciso di soprassedere con la costruzione del reattore in discussione
- ❑ -a livello positivo si è conclusa la “saga” della centrale di Akkuyu in Turchia con 4 reattori russi con nuova società 50%russa e 50% turca con imprenditori turchi;

in parallelo prosegue secondo i programmi la realizzazione dei 4 reattori coreani negli Emirati Arabi (prima unità in servizio ad inizi 2018)

- Considerando i reattori in costruzione ora e quelli previsti da alcune nazioni tipo Cina e Russia e tenendo in conto l'estensione della vita dei reattori esistenti ,**sebbene il nucleare continuerà a perdere quota nella produzione globale dell'energia elettrica se ne parlerà ancora per alcuni decenni, e con riferimento ai soli reattori di terza generazione ,lasciando ai posteri l'ardua sentenza su sviluppi commerciali dei reattori di 4° generazione e della fusione-**

- **Chiaramente un capitolo a parte meriterebbe il grande mercato che si apre per il decommissioning delle centrali esistenti e dei siti per le scorie**

- ❑ Costi e tempistiche da inizio lavori a connessione alla rete sono dipendenti dalle realtà locali: in India dichiarano circa 1.500 \$/kW per i loro reattori PHVR, in Cina e Corea del Sud circa 4 anni e 2.000-3.000 \$/kW per CAPEX, mentre negli Stati Uniti come in Europa ben oltre i 6 anni ed i 6000 \$/kW
- ❑ In paesi emergenti molte possibili realizzazioni sono spinte con finanziamenti dai fornitori di centrali supportati dai loro governi (Russia e Cina in testa, Francia, Giappone, Corea ed in parte Canada e Stati Uniti) ; ma nel mondo occidentale (salvo rare eccezioni) il nucleare per nuove centrali è agonizzante ed occorrerà verificare il lieto fine degli approcci inglese e finlandese.

- Una estesa applicazione commerciale di reattori di IV generazione autofertilizzanti (ridottissimo consumo di uranio e quindi di produzione di scorie da smaltire) non è prevista prima di 20 anni e per la fusione non se ne può certo parlare prima di molti decenni se sarà fattibile economicamente
- In tutto il mondo sono in atto notevoli interventi sulle centrali nucleari in servizio per aumentarne la potenza, la flessibilità ed estenderne di circa 20 anni la vita, con notevoli vantaggi economici. Ciò considerando che fatto 100 il costo di produzione di energia nucleare, circa 80 sono gli ammortamenti, 10 i costi di O&M, 5 i costi del combustibile, 2-3 il *waste management* (inclusi gli accantonamenti per il cimitero finale) e 2-3 gli accantonamenti per il *decommissioning* dopo oltre 60 anni.

- Un eventuale forte rinascimento del nucleare potrebbe avvenire solamente con drastica riduzione di costi e tempi di realizzazione delle centrali, con una forte penalizzazione per la CO₂, con soluzioni condivise per i “cimiteri finali delle scorie”, con regole chiare e accettate per la sicurezza ma soprattutto con trasparenza delle informazioni e coinvolgimento serio e non emotivo di opinione pubblica e popolazioni; ma è possibile?

- ❑ Il vero perdente dopo Fukushima, se ci si lascia sopraffare dall'emotività, non risulterebbe il nucleare ma il consumatore finale e l'ambiente. Il grande vincitore a breve /medio termine sarebbe il gas ed in parte il carbone ed a medio/ lungo termine le rinnovabili.
- ❑ In conclusione, in aggiunta all'efficienza energetica che assume sempre maggior importanza, nessuna fonte deve essere idolatrata o demonizzata a priori. Nucleare e rinnovabili non sono in contrapposizione: il nucleare fornisce l'indispensabile energia di base programmabile mentre le "nuove" rinnovabili sono "aleatorie" (danno energia quando c'è vento o sole), necessitano quindi di adeguata "riserva" dalle altre fonti e creano problemi e costi per un affidabile funzionamento del sistema elettrico. Questo in attesa di sicuri ed economici «stoccaggi» per l'energia elettrica.

□ **GRAZIE PER L'ASCOLTO**